

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

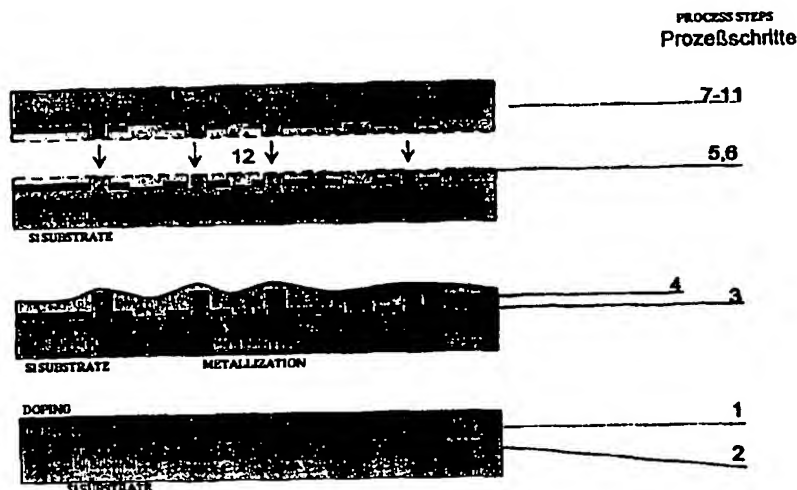


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01L 21/18, 21/20, 21/58, B23K 20/24	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/13060 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 2. Mai 1996 (02.05.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/04136 (22) Internationales Anmeldedatum: 23. Oktober 1995 (23.10.95) (30) Prioritätsdaten: P 44 37 964.1 24. Oktober 1994 (24.10.94) DE P 44 45 348.5 20. December 1994 (20.12.94) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-70546 Stuttgart (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GÜTTLER, Herbert [DE/DE]; Alfons-Härtel-Weg 25, D-70567 Stuttgart (DE). WALLISER, Dirk [DE/DE]; Talstrasse 90, D-73732 Esslingen (DE). (74) Anwälte: ERBACHER, Alfons usw.; AEG Aktiengesellschaft, Patente, D-60591 Frankfurt am Main (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: **METHOD FOR DIRECTLY CONNECTING FLAT BODIES AND ARTICLES PRODUCED ACCORDING TO SAID METHOD FROM SAID FLAT BODIES**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM DIREKTEN VERBINDEN VON PLANAREN KÖRPERN UND NACH DEM VERFAHREN AUS PLANAREN KÖRPERN HERGESTELLTE GEGENSTÄNDE**



(57) Abstract

The invention concerns a method of directly connecting flat bodies, a substrate plate and a contact-holder plate to be mounted thereon, these components all having surfaces which are particularly flat. The method consists in flattening the roughness in the surface to be assembled of the two plates until the surface roughness is less than 10nm, then in cleaning the surfaces before stacking them directly one on top of the other.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum direkten Verbinden von planaren Körpern, einer Substratplatte und einer darauf anzubringenden Kontaktplatte, welche besonders ebene Oberflächen aufweisen und besteht darin, daß die Oberflächenrauigkeit der zu fügenden Oberflächen der beiden Platten eingeebnet werden, bis sie eine Rauhtiefe von weniger als 10 nm aufweisen, und daß die Oberflächen anschließend gereinigt und danach direkt aufeinandergelegt werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Verfahren zum direkten Verbinden von planaren Körpern und nach dem Verfahren aus planaren Körpern hergestellte Gegenstände.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum direkten Verbinden von planaren Oberflächen von Körpern nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und auf nach dem Verfahren mit planaren Körpern hergestellte Gegenstände.

Ein Standardverfahren zum dauerhaften Verbinden von Oberflächen wird beispielsweise in der Halbleitertechnik beim sogenannten Wafer-Direktbonden von Siliziumscheiben eingesetzt. Dabei werden die Silizium-Oberflächen einer Politur- und Reinigungsprozedur unterzogen, wobei typische maximale Rauigkeiten von mehreren zehn nm bis zu einigen μm erreicht werden. Anschließend wird eine chemische Präparation der Oberflächen vorgenommen, z.B. eine Hydrophilisierung oder ein Plasmaätzverfahren, gefolgt vom Zusammenfügen der beiden Flächen und dem Ausbacken des Verbundkörpers bei Prozeßtemperaturen von ca. 800°C bis zu 1400°C . Häufig wird ein flüssiges Medium als Bondmittel zwischen die beiden Oberflächen gebracht.

Beim anodischen Verbinden von Silizium-Oberflächen wird zwischen die zu verbindenden Oberflächen durch Oxidation einer der beiden Scheiben eine isolierende Schicht aus SiO_2 eingebracht. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung im kV-Bereich zwischen den beiden Oberflächen und unter Erwärmung auf mehrere hundert Grad wird durch das aufgeprägte elektrische Feld eine permanente Verschiebung der Ionen induziert, die auch

ohne angelegte Spannung zu einer dauerhaften Verbindung führt. Wird eine elektrische Kontaktierung der beiden Oberflächen gewünscht, kommen leitfähige Kleber oder insbesondere Lotmittel zum Einsatz.

Speziell der Hochtemperaturschritt beim Ausbacken der Verbindung erschwert jedoch die Anwendung einer derartigen Kontaktierungsmethode, da sie nicht für beliebige Materialkombinationen einsetzbar ist. Besonders für vollständig strukturierte und metallisierte Halbleiterscheiben, beispielsweise beim Anbringen von Wärmesenken oder Wärmespreizern, ist dieser Schritt sehr problematisch oder verbietet sich. Die Einwirkung der hohen Temperaturen führt zu unerwünschten Diffusionsprozessen innerhalb des etwaigen Bauelements bis hin zur Zerstörung seiner elektrischen Funktion.

Darüber hinaus ist ein solches Verfahren wegen der speziellen chemischen Oberflächenbehandlung im wesentlichen auf das Verbinden von Siliziumoberflächen beschränkt. Ein ausgereiftes Verfahren zum Verbinden von Silizium mit unterschiedlichen Materialien oder sogar zum Verbinden von beliebigen Materialkombinationen existiert zur Zeit nicht.

Die einzige Möglichkeit für solche Verbindungen stellt der Einsatz von Klebern oder Lotmitteln dar. Speziell die Lotverfahren sind jedoch hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit kritisch. Daher werden in der Halbleitertechnik sowohl aus Gründen der Umweltverträglichkeit als auch der Sauberkeit wegen zunehmend lotmittelfreie Verfahren eingesetzt.

Neben den Klebverfahren finden dort Verfahren Verwendung, bei denen beispielsweise die zweite Oberfläche direkt auf die zu kontaktierende Oberfläche aufgeschmolzen wird. In der Halbleitertechnik kennt man hier z.B. die sogen. Flip-Chip-

Technik, bei der eine Vielzahl von einzelnen Kontaktflächen in Form von Kontaktkügelchen auf ein großflächiges Bauelement gleichzeitig aufgeschmolzen werden. Bis zum eigentlichen Lötprozeß sind 25 Prozeßschritte notwendig, was dieses Verfahren erheblich verteuert.

Darüber hinaus ist bei einem solchen Aufschmelzprozeß die Wärmebelastung des Verbindungskörpers sehr hoch.

Ein weiterer Nachteil der beschriebenen Verfahren liegt darin, daß die thermischen Ausdehnungskoeffizienten eines etwaigen Klebers und/oder Lotmittels und der zu verbindenden Oberflächen i.A. unterschiedlich sind und so zur Alterung und Ermüdung des Kontaktes führen. Darüber hinaus stellen die Lot- und Klebemittelschichten zusätzliche Grenzflächen dar, die z.B. im Fall einer gewünschten Wärmeableitung aus dem Kontaktgebiet den Wärmewiderstand drastisch erhöhen.

Eine Möglichkeit, diese Problematik zu verbessern, besteht darin, die Dicke der Schichten und die Zahl der Grenzflächen im Kontaktgebiet zu erniedrigen.

Es ist ein Verfahren bekannt, das moderate Prozeßtemperaturen ($< 500^{\circ}\text{C}$) und dünne Membranen verwendet. Yablonovic (Appl. Phys. Lett., vol. 56, p. 2410 (1990)) beschreibt ein Verfahren speziell für III-V-Bauelemente, bei der sich eine dünne Halbleiterschicht in Form einer Membran von wenigen nm Dicke beim Anlagern an eine Oberfläche elastisch verformt und sich unter Einwirkung der van der Waals-Kräfte der Oberflächenkontur der darunterliegenden Oberfläche anpaßt. Das Verfahren ist allerdings nicht für einen industriellen Einsatz geeignet und auf Bauelemente beschränkt, die mittels Molekularstrahlepitaxie-Verfahren hergestellt werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein umweltverträgliches, bei Raumtemperatur ausführbares Verfahren

zum Herstellen fester Verbindungen an wenigstens zwei planaren Oberflächen von Körpern anzugeben und nach den Verfahren hergestellte Gegenstände aus wenigstens zwei miteinander verbundenen Körpern bereitzustellen.

Die Aufgabe wird für das Verfahren erfindungsgemäß durch die Merkmale im Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der im Patentanspruch 1 beschriebenen Maßnahmen sind den Ansprüchen 2 bis 13 zu entnehmen.

Bei einem Gegenstand aus wenigstens zwei Körpern, die je wenigstens eine planare Oberfläche aufweisen, wird das Problem erfindungsgemäß durch die Merkmale im Patentanspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der im Patentanspruch 14 beschriebenen Maßnahmen sind in den Ansprüchen 15 bis 18 angegeben.

Mit der Erfindung wird ein Verbindungsverfahren bereitgestellt, das ohne den Einsatz von Lot- und/oder Klebemitteln und bei Umgebungstemperaturen unterhalb von 100°C Oberflächen aus beliebigen Materialien dauerhaft miteinander verbinden kann. Voraussetzung dafür ist, daß die beiden zu verbindenden Oberflächen hinreichend nahe zusammengebracht werden, z.B. auf einen Abstand kleiner als z.B. 10 nm. Dies gelingt bei Oberflächen, die eine geringe Oberflächenrauigkeit unterhalb von 10 nm, insbesondere kleiner oder gleich 2 nm, aufweisen. Mit dem Verfahren lassen sich feste Haftverbindungen zwischen zwei ebenen Oberflächen mit Rauigkeiten ≤ 10 nm von Körpern dauerhaft herstellen.

Es wird beobachtet, daß beim Annähern von zwei Oberflächen auf Abstände unterhalb von 10 nm starke Anziehungskräfte auftreten, die schließlich lot- und klebmittelfrei zur permanenten Verbindung führen. Wesentlich ist, daß die Rauigkeit der Oberflächen gering ist und insbesondere die planaren Flächenanteile gegenüber etwaigen Flächenanteilen mit Löchern

(Kavitäten oder Hohlräume im Körper) überwiegen. Besonders günstig ist es, wenn die Dimensionen dieser Löcher kleiner ist als die Oberflächenrauigkeit der planen Flächenanteile.

Aus der Literatur ist der Casimir-Effekt bekannt (H. B. G. Casimir, Proc. Con. Net. Akad. Wet., vol. 51, p. 793 (1948)). Er beschreibt die Wirkung von Haftkräften zwischen Körpern, die auf extrem kleine Abstände zusammengebracht werden. Diese Bindungskräfte sind vergleichbar mit oder größer als die der chemischen Bindungen, wenn die Abstände bestimmte Grenzen, typischerweise einige nm, unterschreiten.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1a den Verlauf der Anziehungskraft als Funktion des Abstandes zwei sich gegenüberstehender Flächen von zwei Körpern,
- Fig. 1b die Energiedichte als Funktion des Abstands zwischen Flächen in Bezug auf verschiedene Bondverfahren,
- Fig. 2 ein aus zwei Körpern mit zwei sich gegenüberliegenden Flächen bestehendes Bauelement, das eine Wärmesenke aufweist, in Seitenansicht,
- Fig. 3 ein aus mehreren Schichten bestehendes Bauelement in Seitenansicht,
- Fig. 4 zwei miteinander zu verbindende Körper in verschiedenen Verfahrensstadien des Verbindungsverfahrens in Seitenansicht.

In den letzten Jahren wurde die Oberflächenpoliturverfahren von verschiedenen Materialien, besonders von Einkristallen, soweit

verfeinert, daß extrem glatte bzw. ebene Oberflächen über makroskopische Dimensionen kommerziell erhältlich sind (sogen. Epi-Politur). Ein spezielles Beispiel ist hier die Siliziumpolitur, die heute die Fabrikation von nahezu perfekten Halbleiterscheiben mit Rauigkeiten deutlich unter 10 nm über Durchmesser von 8" ermöglicht.

Der Grund für die Fertigung derart planer Oberflächen liegt in dem Zwang, eine vertretbare Prozeßausbeute bei hochintegrierten Bauelementen mit einer Vielzahl übereinanderliegender Schichten mit geringen Leiterbahndimensionen zu gewährleisten. Auch ist die Verbesserung von Bauteileigenschaften, wie Verringerung von Streuzentren, Erhöhung der Elektronenbeweglichkeit etc. hier von Bedeutung. Um diese Bedingungen zu erfüllen, war gleichzeitig die Entwicklung extrem reiner Laborbedingungen notwendig, so daß heute Reinräume mit Partikelklassen von 1 und 0,1 verfügbar sind. Diese Laborbedingungen gewährleisten, daß reine Oberflächen nicht durch die Ablagerungen irgendwelcher Partikel kontaminiert werden.

Obwohl Oberflächen mit einer derart hohen Güte zur Verfügung stehen, in diesem Beispiel Halbleiterscheiben, kommen nach wie vor die vorne beschriebenen Verbindungsverfahren von Oberflächen zum Einsatz mit Lot- und/oder Klebmitteln und der Anwendung hoher Temperaturen zu Ausbacken der Verbindungsstellen.

In Fig. 1 wird deutlich, daß für Silizium bei Abständen unter $d = 10$ nm der Flächenverbindungsdruck auf zwei gegenüberliegende Platten ungefähr 1 bar beträgt und z.B. in Mikrostrukturen nicht mehr vernachlässigbar ist. Nach der Theorie ergibt sich aus der Energiedichte eines Systems von zwei planparallelen Platten im Abstand d ein Abstandsgesetz von $p = B/d^4$, mit einer Proportionalitätskonstanten B , die durch den Brechungsindex des Plattenmaterials bestimmt ist. Damit ist der

Flächenverbindungsdruck bei einem Abstand von nur 2 nm bereits auf 60 bar angewachsen.

Es hat sich gezeigt, daß eine permanente Verbindung zweier im wesentlichen planer Oberflächen gelingt, sofern diese auf Abstände von wenigen nm zusammengebracht werden können, wobei die wirkenden Flächenverbindungskräfte von den Materialeigenschaften der Oberflächen weitestgehend unabhängig sind. Es können somit beliebige Materialkombinationen miteinander verbunden werden. Der Einsatz ist nicht auf Si-Halbleiter oder überhaupt auf Anwendungen in der Halbleitertechnik beschränkt.

Es entfällt die Anwendung von Lot- und/oder Klebemitteln, womit die Zahl der Grenzflächen zwischen den Oberflächen minimal wird, sowie Probleme mit den unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten dieser Mittel. Gleichzeitig entfällt auch das Problem der Hochtemperaturbehandlung nach dem Zusammenfügen.

Die folgenden Ausführungsbeispiele sind aus dem Gebiet der Mikroelektronik gewählt, schränken aber die Anwendbarkeit der Erfindung nicht auf dieses spezielle Gebiet ein.

Mit zunehmender Integrationsdichte (z.B. 3d-Integration) und Verlagerung von Hochleistungskomponenten in Mikrosysteme steigen Leistungsdichte und Wärmeentwicklung im Bauelement. Als begrenzender Faktor dieser Entwicklung haben sich die erforderlichen Maßnahmen zur Kühlung herausgestellt. Eine Möglichkeit, die Aufheizung von Chips und Mikrosystemen zu verhindern, liegt im Anbringen von Materialien mit guten Wärmetransporteigenschaften, wie z.B. Diamant oder Siliziumkarbid, als Wärmesenke oder Wärmeleiter.

Da die Flächenverbindungskräfte von den Materialeigenschaften der Oberflächen weitgehend unabhängig sind und insbesondere

verschiedene Materialien großflächig zusammengefügt werden können, stellt dies eine besonders geeignete Anwendung für die Erfindung dar. Für die erfindungsgemäße Verbindungstechnik sind im wesentlichen ebene Oberflächen mit geringer Oberflächenrauigkeit wichtig, die auch nicht durch abgelagerte Staubpartikel kontaminiert werden.

Mögliche Anwendungsbeispiele für die Erfindung sind z.B. mikromechanische Sensoren wie z.B. Drucksensoren, bei denen das anodische Bondverfahren durch das erfindungsgemäße Verfahren ersetzt wird, Verbindungen der Art Bauelement-Wärmesenke, z.B. bei Leistungstransistoren, Hochfrequenztransistoren, Halbleiterlasern, Halbleiterlaserarrays, bei Hochleistungscomputern mit dreidimensionalen Stapeln aus Logik-Schaltkreis-Wärmesenke (aus Diamant, AlN etc.), sowie als thermische Verbindung zwischen Bauelement und Wärmespreizschicht, Flip-Chip-Verbindungen für den Kontakt zwischen Bauelement und Leiterbahnen.

Ein erfindungsgemäßer Verbundkörper, bzw. das Herstellungsverfahren dazu, ist als Ausführungsbeispiel 1 in Fig. 2 skizziert. Er stellt eine Verbindung einer Wärmesenke W, z.B. Diamant, mit einem Halbleitersubstrat B dar, das integrierte Schaltungen trägt. Die durch z.B. mechanisches Polieren plan geschliffenen Körper haften so stark, daß eine nachträgliche Trennung häufig zur Zerstörung des Halbleitersubstrats führt.

Grundsätzlich lassen sich derartige Schichten W auch zweiseitig polieren und ermöglichen damit einen Schichtaufbau, der eine dreidimensionale Integration zuläßt (Ausführungsbeispiel 2 in Fig. 3). Man kann ein Bauteil auf einer Unterlage oder auch zwei und mehrere Bauteile aufeinander legen und mit der Flächenverbindungskraft kontaktieren. Derartige Verbindungen lassen sich z.B. nach dem Yablonovic-Verfahren nicht darstellen. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen

Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik besteht in seiner universellen Anwendbarkeit.

Der Verfahrensablauf für eine einfache Verbindung laut Ausführungsbeispiel 1 (Fig. 2) ist wie folgt:

- 1 Politur der Wärmesenke W (Vorderseite)
- 2 Politur der Rückseite des Bauelements B
- 3 Zusammenfügen unter Reinraumbedingungen

Auf einen Temperschnitt zur Herstellung der Haftung kann verzichtet werden.

Für Ausführungsbeispiel 2 mit einem dreidimensionalen Aufbau (Fig. 3) sind folgende weitere Schritte notwendig:

- 1 Politur der Bauelement-Oberseite
- 2 Politur der Wärmesenke
- 3 Zusammenfügen unter Reinraumbedingungen
- 4 weiter wie bei Ausführungsbeispiel 1

Eine bevorzugte Form des Polierens stellt eine Art des mechanischen Polierens auf einer Drehscheibe in Verbindung mit einem chemischen Abtragsverfahren dar, wie sie üblicherweise bei der Politur von Halbleiterscheiben eingesetzt wird.

Bei der Anordnung des Ausführungsbeispiels 2 nach Fig. 3 ist beispielsweise eine Scheibe mit integrierten Bauelementen B im

Wechsel mit jeweils einem wärmeaufnehmenden Körper oder einer wärmespreizenden Schicht W gebondet.

Ausführungsbeispiel 3 beschreibt eine erfindungsgemäße ohmsche Verbindung (Fig. 4). Die Oberfläche des hochohmigen Substrates ist poliert. Im ersten und zweiten Prozeßschritt wird die Dotierung der späteren Kontakte zur Erhöhung der ohmschen Leitfähigkeit und das Strukturieren des Substrates, wobei die Kontaktflächen erhaben stehen bleiben, durchgeführt. Darauf folgt als dritter Schritt die Leiterbahnmetallisierung z.B. mit Aluminium oder anderen geeigneten Metallen.

Als vierter Schritt ist vorgesehen, eine Hilfsschicht, beispielsweise aus Lack, aufzubringen. Im fünften Prozeßschritt werden Hilfsschicht und erhabene Kontakte gemeinsam und gleichförmig eingeebnet, beispielsweise durch Läppen und Polieren, um eine geringe Oberflächenrauigkeit zu erreichen. Z. B. steht der zu polierenden Scheibe eine rotierende hochplane Scheibe gegenüber, wobei neben dem mechanischen Abtrag noch ein chemischer Abtrag erfolgt. Gegebenenfalls wird eine lokale Superpolitur auf Rauigkeitsteifen von 1-3 nm im sechsten Schritt mit den üblichen Mitteln durchgeführt. Hierbei wird beispielsweise eine Ionenstrahlbearbeitung angewendet und die Oberfläche mit Argonionen beschossen. Daraufhin werden dieselben Prozeßschritte auch am zu kontaktierenden Chip durchgeführt. Als letzter Schritt zwölf werden Chip und Substrat mit einem Anpreßdruck von 1-20 bar, vorzugsweise 1-5 bar, zusammengefügt und so die Kontaktierung hergestellt.

Der Anpreßdruck kann bei nicht ganz ebenen Flächen, die noch eine großflächige Verbiegung aufweisen, auf beispielsweise bis 20 bar erhöht werden. Wichtig ist dabei, daß zumindest ein großer Teil der Fläche mit hohen anziehenden Flächenverbindungskräften zusammengehalten wird.

Schon wenn beispielsweise ungefähr 1/20 der Flächen sich auf Abstände unter 10 nm nähern, ist es nicht mehr möglich, die Bauteile nachträglich auf mechanischem Weg voneinander zu trennen. Der Anpreßdruck von 20 bar wird nun durch die Flächenverbindungskraft übernommen und auf ein mehrfaches verstärkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum direkten Verbinden von planaren Körpern, einer Substratplatte und einer darauf anzubringenden Kontaktplatte, welche besonders ebene Oberflächen aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenrauigkeit der zu fügenden Oberflächen der beiden Platten eingeebnet werden, bis sie eine Rauhtiefe von weniger als 10 nm aufweisen, und daß die Oberflächen anschließend gereinigt und danach direkt aufeinandergelegt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platten einer mechanischen Politur mit den Verfahrensschritten Schleifen, Läppen, Polieren und Feinstpolieren unterworfen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen nach dem mechanischen Polieren einer chemischen Politur unterzogen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es zum Bonden von Halbleiterscheiben (B) für integrierte Schaltkreise verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Scheibe an der Oberfläche vor dem Bonden hydrophilisiert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine der zu fügenden Oberflächen vorher hydrophobisiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheiben mit den polierten Oberflächen ins Hochvakuum gebracht, dort durch Beaufschlagung mit Energie physikalisch gereinigt und anschließend im Vakuum gebondet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reinigung durch ein Plasmaverfahren durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zum Reinigen und/oder Polieren ein Sauerstoff enthaltendes Plasma verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine Scheibe (B) mit Bauelementen mit einer weiteren Scheibe mit Bauelementen oder mit einem Kontaktträger (K) gebondet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Scheibe (B) mit Bauelementen auf der Ober- und Unterseite mit einer Scheibe mit Bauelementen gebondet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß beim Bonden ein Druck von 1 bis 5 bar zum Zusammendrücken der Bauelemente (B) oder Bauelemente (B) und Kontaktträger (K) angewendet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck 5 bis 20 bar beträgt.
14. Gegenstand mit wenigstens zwei Körpern, die wenigstens zwei planare Oberflächen aufweisen, die aneinander angrenzen, dadurch gekennzeichnet, daß sich die planaren Oberflächen der Körper jeweils auf dem überwiegenden Teil

der genannten Oberfläche mit Oberflächenrauigkeiten von gleich oder weniger des 10 nm direkt gegenüberstehen.

15. Gegenstand nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenrauigkeiten etwa 2 nm sind.
16. Gegenstand nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die sich gegenüberstehenden Oberflächen wenigstens auf ein zwanzigstel ihres Flächeninhalts mit Oberflächenrauigkeiten von 10 nm oder weniger gegenüberstehen.
17. Gegenstand nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Körper Halbleiterscheiben (B) für integrierte Schaltkreise sind.
18. Gegenstand nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Körper Metalle und/oder Halbleiter sind.
19. Gegenstand nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Körper Isolatoren und/oder Halbleiter sind

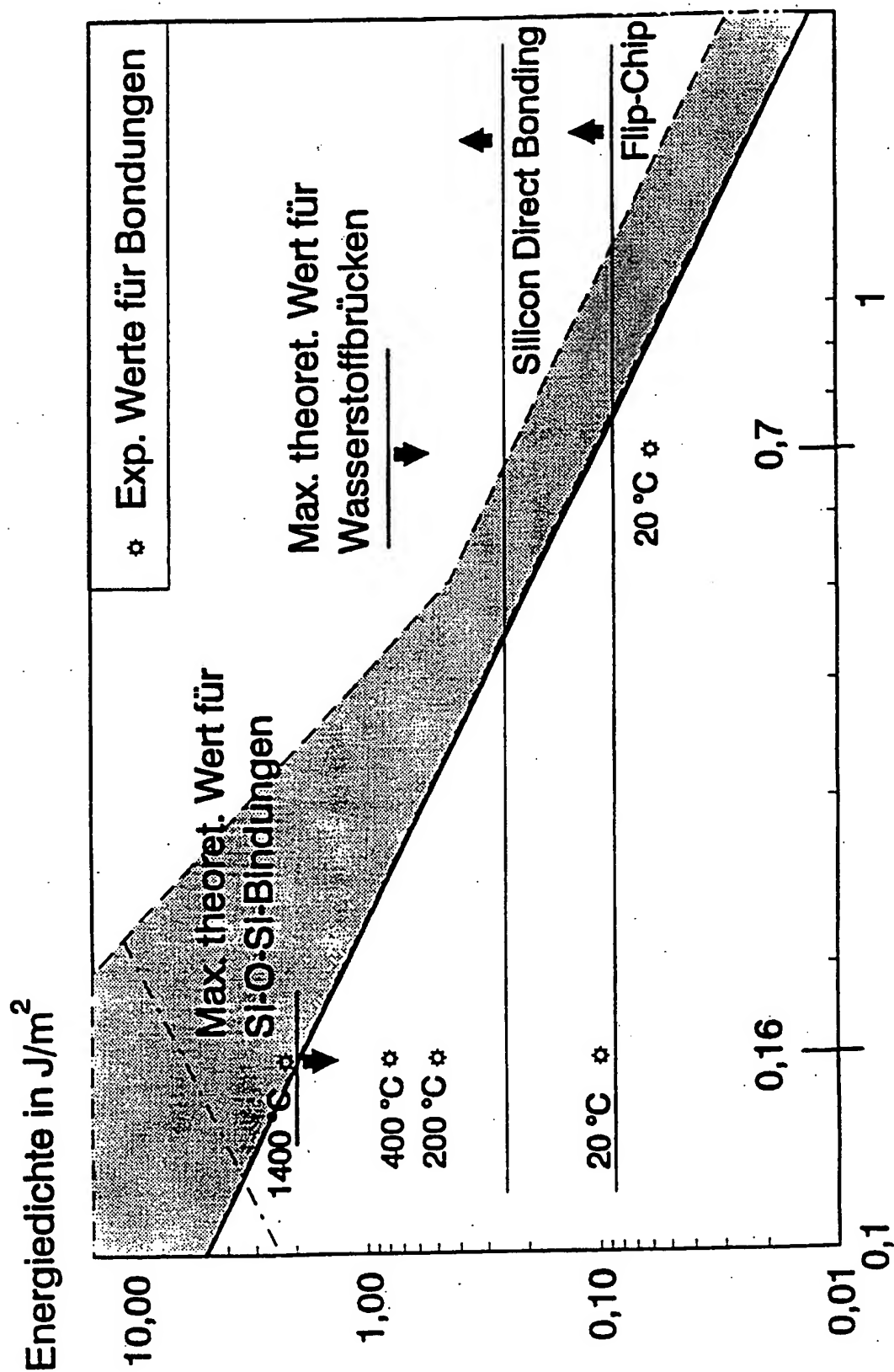


Fig. 16

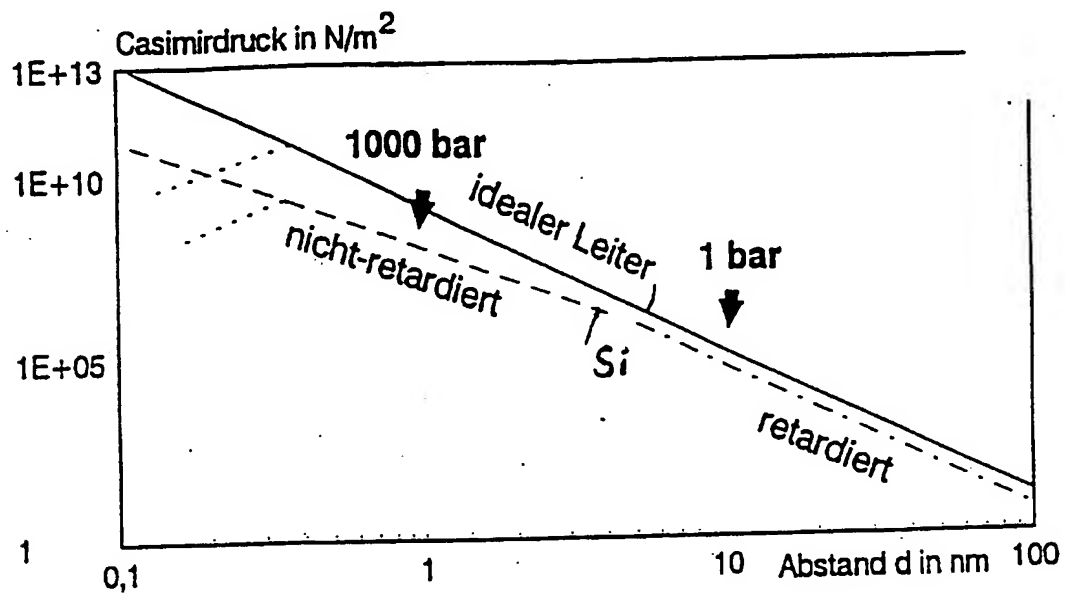


FIG. 1a

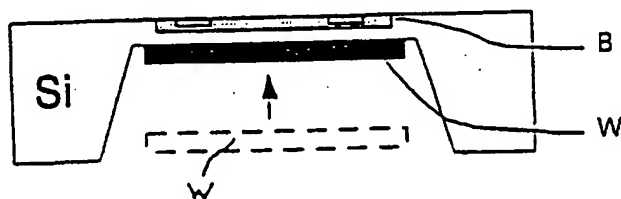


FIG. 2

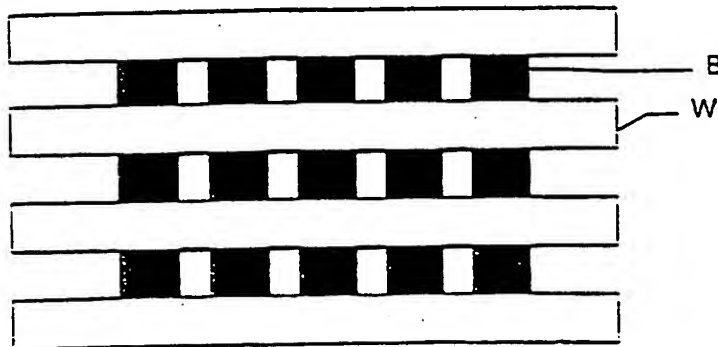


FIG. 3

Prozeßschritte

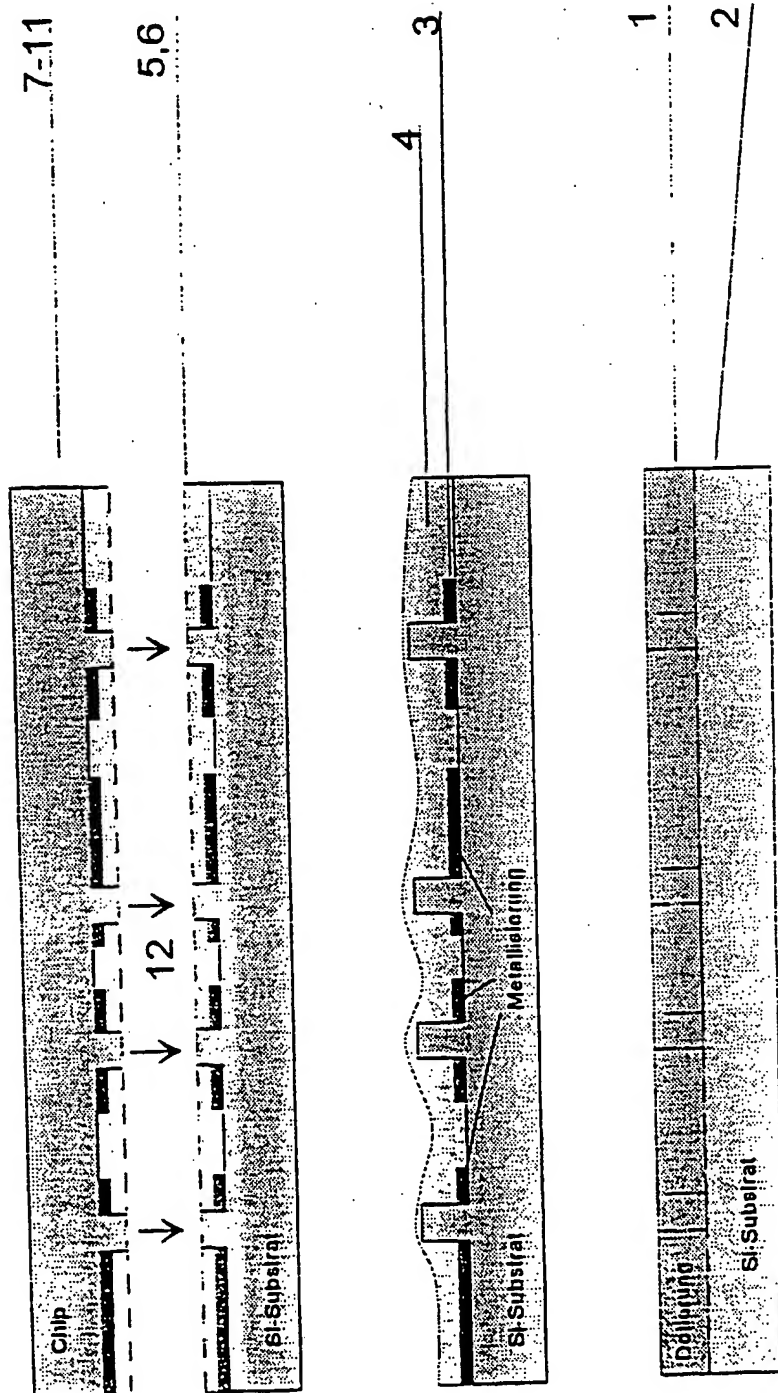


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 95/04136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L21/18 H01L21/20 H01L21/58 B23K20/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01L B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,5 236 118 (BOWER ROBERT W ET AL) 17 August 1993	1,2,4,5, 10,14, 15,17-19 7-9,12, 13
Y	see figures 1,7,8 see column 1, line 64 - column 2, line 4 see column 3, line 25 - column 5, line 23 see column 5, line 54 - column 6, line 66 see column 8, line 3-63 ---	
X	EP,A,0 190 508 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 13 August 1986	1-5,10, 11,14,17 7-9,12, 13
Y	see figures 1,2,4 see page 3, line 28 - page 5, line 14 see page 6, line 1-14 ---	
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *A* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 January 1996

Date of mailing of the international search report

16.02.96

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wolfrum, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 95/04136

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP,A,0 367 536 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 9 May 1990 see figures 1,5,28 see column 10, line 1 - column 11, line 3 see column 11, line 34-53 see column 12, line 17-29 see column 14, line 1 - column 17, line 45 ----	1-5,14, 15 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 590 899 (SHINETSU HANDOTAI KK) 6 April 1994 see figures 1-9 see page 4, line 14-48 ----	1-5, 14-17,19 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 300 433 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 25 January 1989 see claim 1; figures 1-3 see column 1, line 21-33 ----	1,2,4, 14,16,17 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 136 050 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 3 April 1985 see figures 1,2 see page 1, line 4 - page 2, line 3 see page 4, line 10 - page 6, line 2 ----	1,2,4, 14,16,17 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 364 814 (SHINETSU HANDOTAI KK) 25 April 1990 see page 3, line 41 - page 4, line 9 see page 6, line 22-26 see table 1 ----	1,4, 14-17 7-9,12, 13
Y	DE,A,44 04 931 (NIPPON DENSO CO) 18 August 1994 see claim 9; figures 2-9 see column 2, line 26-30 see column 3, line 1-63 see column 6, line 47 - column 7, line 27 see column 8, line 59 - column 10, line 25 ----	7-9,12, 13
Y	ELECTRONIC PACKAGING MATERIALS SCIENCE SYMPOSIUM, BOSTON, MA, USA, 30 NOV.-4 DEC. 1987, ISBN 0-931837-76-6, 1988, PITTSBURGH, PA, USA, MATER. RES. SOC, USA, pages 371-376, KASHIBA Y ET AL 'Energy-free bonding of materials with fine controlled surfaces in ultrahigh vacuum' see page 371 - page 373 -----	7,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 95/04136

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-5236118	17-08-93	NONE	
EP-A-0190508	13-08-86	JP-B- 7070474 JP-A- 61183915 DE-A- 3583934 US-A- 4738935	31-07-95 16-08-86 02-10-91 19-04-88
EP-A-0367536	09-05-90	JP-A- 2122617 JP-B- 7101679 CA-A, C 2001934 DE-D- 68914249 DE-T- 68914249 KR-B- 9310970 US-A- 5105254 US-A- 5100839	10-05-90 01-11-95 01-05-90 05-05-94 11-08-94 18-11-93 14-04-92 31-03-92
EP-A-0590899	06-04-94	JP-A- 6112451	22-04-94
EP-A-0300433	25-01-89	JP-A- 1103826 US-A- 5196375	20-04-89 23-03-93
EP-A-0136050	03-04-85	JP-C- 1420109 JP-A- 60051700 JP-B- 62027040 US-A- 4671846	14-01-88 23-03-85 11-06-87 09-06-87
EP-A-0364814	25-04-90	JP-A- 2106052 JP-B- 6091147 US-A- 5007071	18-04-90 14-11-94 09-04-91
DE-A-4404931	18-08-94	JP-A- 6302486 US-A- 5421953	28-10-94 06-06-95

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internes Aktenzeichen
PCT/EP 95/04136

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01L21/18 H01L21/20 H01L21/58 B23K20/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 H01L B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US,A,5 236 118 (BOWER ROBERT W ET AL) 17. August 1993	1,2,4,5, 10,14, 15,17-19
Y	siehe Abbildungen 1,7,8 siehe Spalte 1, Zeile 64 - Spalte 2, Zeile 4 siehe Spalte 3, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 23 siehe Spalte 5, Zeile 54 - Spalte 6, Zeile 66 siehe Spalte 8, Zeile 3-63 --- -/--	7-9,12, 13

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Januar 1996

Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

16. 02. 96

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Wolfrum, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internes Aktenzeichen

PCT/EP 95/04136

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	EP,A,0 190 508 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 13.August 1986 siehe Abbildungen 1,2,4 siehe Seite 3, Zeile 28 - Seite 5, Zeile 14 siehe Seite 6, Zeile 1-14 ---	1-5,10, 11,14,17 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 367 536 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 9.Mai 1990 siehe Abbildungen 1,5,28 siehe Spalte 10, Zeile 1 - Spalte 11, Zeile 3 siehe Spalte 11, Zeile 34-53 siehe Spalte 12, Zeile 17-29 siehe Spalte 14, Zeile 1 - Spalte 17, Zeile 45 ---	1-5,14, 15 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 590 899 (SHINETSU HANDOTAI KK) 6.April 1994 siehe Abbildungen 1-9 siehe Seite 4, Zeile 14-48 ---	1-5, 14-17,19 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 300 433 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 25.Januar 1989 siehe Anspruch 1; Abbildungen 1-3 siehe Spalte 1, Zeile 21-33 ---	1,2,4, 14,16,17 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 136 050 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 3.April 1985 siehe Abbildungen 1,2 siehe Seite 1, Zeile 4 - Seite 2, Zeile 3 siehe Seite 4, Zeile 10 - Seite 6, Zeile 2 ---	1,2,4, 14,16,17 7-9,12, 13
X Y	EP,A,0 364 814 (SHINETSU HANDOTAI KK) 25.April 1990 siehe Seite 3, Zeile 41 - Seite 4, Zeile 9 siehe Seite 6, Zeile 22-26 siehe Tabelle 1 ---	1,4, 14-17 7-9,12, 13
Y	DE,A,44 04 931 (NIPPON DENSO CO) 18.August 1994 siehe Anspruch 9; Abbildungen 2-9 siehe Spalte 2, Zeile 26-30 siehe Spalte 3, Zeile 1-63 siehe Spalte 6, Zeile 47 - Spalte 7, Zeile 27 siehe Spalte 8, Zeile 59 - Spalte 10, Zeile 25 ---	7-9,12, 13

	-/--	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. J. der Aktenzeichen

PCT/EP 95/04136

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGEGEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>ELECTRONIC PACKAGING MATERIALS SCIENCE SYMPOSIUM, BOSTON, MA, USA, 30 NOV.-4 DEC. 1987, ISBN 0-931837-76-6, 1988, PITTSBURGH, PA, USA, MATER. RES. SOC, USA, Seiten 371-376, KASHIBA Y ET AL 'Energy-free bonding of materials with fine controlled surfaces in ultrahigh vacuum' siehe Seite 371 - Seite 373 -----</p>	7,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung..., die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: 1es Aktenzeichen

PCT/EP 95/04136

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-5236118	17-08-93	KEINE	
EP-A-0190508	13-08-86	JP-B- 7070474	31-07-95
		JP-A- 61183915	16-08-86
		DE-A- 3583934	02-10-91
		US-A- 4738935	19-04-88
EP-A-0367536	09-05-90	JP-A- 2122617	10-05-90
		JP-B- 7101679	01-11-95
		CA-A, C 2001934	01-05-90
		DE-D- 68914249	05-05-94
		DE-T- 68914249	11-08-94
		KR-B- 9310970	18-11-93
		US-A- 5105254	14-04-92
		US-A- 5100839	31-03-92
EP-A-0590899	06-04-94	JP-A- 6112451	22-04-94
EP-A-0300433	25-01-89	JP-A- 1103826	20-04-89
		US-A- 5196375	23-03-93
EP-A-0136050	03-04-85	JP-C- 1420109	14-01-88
		JP-A- 60051700	23-03-85
		JP-B- 62027040	11-06-87
		US-A- 4671846	09-06-87
EP-A-0364814	25-04-90	JP-A- 2106052	18-04-90
		JP-B- 6091147	14-11-94
		US-A- 5007071	09-04-91
DE-A-4404931	18-08-94	JP-A- 6302486	28-10-94
		US-A- 5421953	06-06-95